



**Universidad Nacional de La Plata**  
**Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**

Trabajo Final de Carrera Ingeniería Agronómica

---

**Modalidad: Intervención Profesional**

**Título:** “Estudio preliminar de *Paspalidium paludivagum*  
como especie forrajera en la Depresión del Salado”

**Alumnos:** Juarros Norryh Juan

Nocelli Agustín

**Legajo:**27763/4

27797/5

**D.N.I:**38157050

38706518

**Correo electrónico:** [juarrosjuan1995@gmail.com](mailto:juarrosjuan1995@gmail.com) ; [agustinnocelli1@gmail.com](mailto:agustinnocelli1@gmail.com)

**Director:** Esp. Ing. Agr. Federico Fernández

**Co-director:** Lic. MSc. Alejandra V. Carbone

**Fecha de Entrega:** 17 de agosto de 2021

## RESUMEN

El pastizal natural es el recurso forrajero predominante en la Pampa Deprimida, destinado principalmente a la cría de ganado bovino, conformado por un mosaico de comunidades vegetales. Es escasa la información generada en la estructura y funcionamiento en la comunidad “F”, según la clasificación de León et al. (1979). A su vez, no hay trabajos que utilizan las dos metodologías de estimación de la productividad primaria neta aérea (PPNA) en la comunidad F (cortes e imágenes). Los objetivos son: 1) caracterizar la estructura de la comunidad vegetal “F”; 2) estimar la dinámica de crecimiento de la comunidad “F”, referida a los grupos funcionales que la componen, y de *Paspalidium geminatum* en particular; 3) comparar metodologías de estimación de la PPNA (productividad primaria neta aérea). Los relevamientos se realizaron en “Don Joaquín-UNLP”. El 21 de septiembre de 2019 se identificó la comunidad “F” y se generó un área clausurada al pastoreo. Se realizaron censos florísticos mediante la adaptación del método fitosociológico de Braun Blanquet (1950) en verano 2019 y otoño 2020. Para estimar la PPNA por el método tradicional se realizaron cortes al ras del suelo de biomasa desde noviembre 2019 a abril 2020 y para la estimación por el uso de imágenes satelitales se utilizó la información proveniente del satélite Sentinel-2. La cobertura vegetal total, de *Paspalidium geminatum*, de otras gramíneas, monocotiledóneas no gramíneas, leguminosas, dicotiledóneas no leguminosas, suelo desnudo y broza no difirieron significativamente entre el verano y otoño. La estimación de PPNA por corte fue de 4316 kgMS/ha y por imágenes satelitales de 2241 kgMS/ha durante el período de evaluación. Los resultados obtenidos en este estudio preliminar de la comunidad F aporta conocimientos en la estructura y funcionamiento que contribuye al manejo y sustentabilidad de la comunidad. Está previsto, en futuros trabajos, continuar con los estudios comparativo de estimación de la PPNA con el fin de ajustar esta metodología de análisis.

## INTRODUCCION

La producción de carne bovina es una actividad importante para la economía de Argentina representando el 35-40 % del Producto Bruto Agropecuario Nacional. La Región Pampeana es el área ganadera por excelencia, contiene el 53 % del stock vacuno nacional y se produce el 80 % de la carne del país (Rearte, 2007).

La Pampa Deprimida, principal zona ganadera de la región, cuenta con una superficie de 95.000 km<sup>2</sup>. La ganadería de cría bovina es sustentada en el aprovechamiento de los pastizales naturales, con escasa participación de pasturas implantadas, verdeos y otras fuentes de alimentación. Las especies nativas y/o naturalizadas, componentes de los diferentes ambientes de pastizal, presentan buen valor nutritivo y, por lo tanto, el rodeo de cría puede, en general, satisfacer sus requerimientos a lo largo del año (Cahuépe & Hidalgo, 2005).

Dentro de la Pampa Deprimida se encuentra la Depresión del Salado, la cual es una subregión ubicada al centro-este de la provincia de Buenos Aires. Es una extensa planicie de 9 millones de hectáreas lo que representa un 30% de la superficie total de la provincia. El clima es templado sub-húmedo, con precipitaciones medias anuales que varían de 1000 mm en el norte a 850 mm en el sur, con un régimen isohigro. Las temperaturas medias mensuales más bajas son de 6,8 °C en julio-agosto, y las más altas se registran en enero, alcanzando 21,8 °C en algunas regiones dentro de la provincia de Buenos Aires.

La alternancia de eventos de inundación y sequías, junto a las características edáficas predominantes han impedido la extensión de la actividad agrícola, generando que la principal actividad productiva de la zona sea la cría de ganado bovino convirtiéndola en una de las áreas ganaderas y productoras de terneros más importantes del país, con un stock que corresponde al 17,5% del total país (Némoz et al., 2013).

### Pastizal natural: estructura

El pastizal natural es el recurso forrajero predominante, destinado principalmente a la cría de ganado bovino (Deregibus et al., 1995), conformado por un mosaico de comunidades vegetales integrado por especies de crecimiento otoño-invierno-primaveral (OIP) y primavera-estivo-otoñal (PEO), de ciclo fotosintético C3 y C4, respectivamente. La heterogeneidad de la vegetación de los pastizales de la Depresión del Salado está fuertemente asociada a las variaciones topográficas, que determinan la frecuencia y duración de las inundaciones, como también a la presencia de

salinidad/sodicidad de los suelos, los cuales en interacción con el pastoreo controlan la estructura de las comunidades vegetales (Perelman et al., 2001).

Existen diferentes trabajos que se han enfocado en definir y caracterizar las comunidades vegetales en los pastizales naturales en la Depresión del Salado. León et al. (1979), enfocaron su estudio en los partidos de Magdalena y Brandsen, definiendo 11 comunidades denominadas desde la letra A a la K, y clasificadas en base a la información provista de la foto-interpretación y verificación a campo mediante el relevamiento fitosociológico (Tabla 1). Burkart et al. (2005) generaron una clasificación general de los pastizales definiendo cuatro comunidades vegetales potenciales para la provincia de Buenos Aires: las praderas de mesófitas, praderas húmedas de mesófitas, praderas de hidrófitas y estepa de halófitas (Tabla 2)

Tabla 1: Comunidades vegetales y sus especies forrajeras relevantes.

<b>Comunidad Vegetal</b>	<b>Especies forrajeras relevantes</b>
<b>A</b>	<i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Bothriochloa laguroides</i> , <i>Piptochaetium bicolor</i> , <i>P. montevidense</i> , <i>Cynara cardunculus</i> , <i>Ambrosia tenuifolia</i> , <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Centaurea calcitrapa</i> y <i>Cirsium vulgare</i> .
<b>B</b>	<i>Stipa charruana</i> , <i>Bothriochloa laguroides</i> , <i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Piptochaetium bicolor</i> , <i>P. stipoides</i> , <i>Stenotaphrum secundatum</i> y <i>Danthonia montevidensis</i> .
<b>C</b>	<i>Stenotaphrum secundatum</i> , <i>Stipa papposa</i> , <i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Ambrosia tenuifolia</i> , <i>Distichlis scoparia</i> , <i>Eryngium echinatum</i> , <i>sporobolus indicus</i> , <i>Setaria geniculata</i> y <i>Phyla canescens</i> .
<b>D</b>	<i>Stenotaphrum secundatum</i> , <i>Leontodon nudicaulis</i> , <i>Panicum gouinii</i> , <i>Distichlis spp</i> , <i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Bothriochloa laguroides</i> , <i>Paspalum vaginatum</i> y <i>Carex bonariensis</i> .
<b>E</b>	<i>Eryngium echinatum</i> , <i>Spilanthes stolonifera</i> , <i>Eryngium ebracteatum</i> , <i>Alternanthera philoxeroides</i> , <i>Setaria geniculata</i> , <i>Mentha</i>

	<i>pulegium</i> , <i>Panicumgouinii</i> , <i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Pamphalea bupleurifolia</i> y <i>Paspalum vaginatum</i> .
<b>F</b>	<i>Ludwigia peploides</i> , <i>Alternanthera philoxeroides</i> , <i>Leersia hexandra</i> , <i>Echinochloa helodes</i> , <i>Eleocharis</i> , <i>Mentha pulegium</i> , <i>Panicum gouinii</i> , <i>Amphibromus scabrivalvis</i> , <i>Paspalidium paludivagum</i> , <i>Eryngium ebracteatum</i> y <i>Luziola peruviana</i> .
<b>G</b>	<i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Diplachne uninervia</i> , <i>Salicornia ambigua</i> , <i>Scirpus olneyi</i> , <i>Paspalum vaginatum</i> , <i>Distichlis</i> .
<b>H</b>	<i>Centaureum pulchellum</i> , <i>Stenotaphrum secundatum</i> , <i>Sporobolus indicus</i> , <i>Eryngium echinatum</i> , <i>Eryngium ebracteatum</i> , <i>Spartina spp</i> y <i>Salicornia ambigua</i> .
<b>I</b>	<i>Distichlis spicata</i> , <i>Distichlis scoparia</i> , <i>Sporobolus pyramidatus</i> , <i>Paspalum vaginatum</i> , <i>Nostoc sp</i> , <i>hordeum stenostachys</i> , <i>Acicarpha procumbens</i> , <i>Sporobolus indicus</i> , <i>Lepidium spicatum</i> , <i>Lepidium aletes</i> , <i>Lepidium parodii</i> , <i>Spergularia ramosa</i> , <i>Phyla canescens</i> .
<b>J</b>	<i>Distichlis scoparia</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Sporobolus pyramidatus</i> , <i>Paspalum vaginatum</i> , <i>Hordeum stenostachys</i> , <i>Chaetotropis elongata</i> , <i>Lepidium parodii</i> , <i>Lepidium aletes</i> , <i>Lepidium spicatum</i> , <i>Plantago myosurus</i> , <i>Puccinellia glaucescens</i> , <i>Spergularia racemosa</i> y <i>Sperglaria levis</i> .
<b>K</b>	<i>Ambrosia tenuifolia</i> , <i>Setaria geniculata</i> , <i>Coniza bonariensis</i> , <i>Sporobolus indicus</i> , <i>Vulpia dertonensis</i> , <i>Hydrocotile sp.</i> , <i>Distichlis spp</i> .

Tabla 2: Comunidad vegetal potencial, relieve asociado y especies forrajeras relevantes.

<b>Comunidad Vegetal potencial</b>	<b>Relieve asociado</b>	<b>Especies forrajeras relevantes</b>
<b>Pradera de mesófitas</b>	<b>Loma</b>	<i>Stipa trichotoma</i> , <i>Briza subaristata</i> , <i>Stipa neesiana</i> y <i>Bothriochloa laguroides</i> , <i>Paspalum</i>
<b>Pradera húmeda de mesófitas</b>	<b>Media loma</b>	<i>Danthonia montevidensis</i> , <i>Menthapulegium</i> , <i>Chaetotropis elongata</i> , <i>Sporobolus indicus</i> , <i>Eclipta bellidioides</i> , <i>Leontodontaraxacoides</i> , <i>Ambrosia tenuifolia</i> y <i>Alternanthera philoxeroides</i> . <i>Leersia hexandra</i> , <i>Paspalidium paludivagum</i> , <i>Panicumgouinii</i> y <i>Paspalum vaginatum</i> , <i>Distichlis</i> sp.
<b>Estepa de halófitas</b>	<b>Bajo salino/alcalino</b>	Generos <i>Distichlis</i> , <i>Spartina</i> y <i>Salicornia</i> . Especies acompañantes <i>Sporobolus pyramidatus</i> , <i>Hordeum stenostachys</i> , <i>Puccinelia glaucescens</i> , <i>Pappophorum mucronulatum</i> , <i>Spergula</i> sp., <i>Lepidium</i> sp., <i>Acicarpha procumbens</i> ,
<b>Pradera de hidrófitas</b>	<b>Bajo dulce</b>	<i>Ludwigia peploides</i> , <i>Mentha pulegium</i> , <i>Solanum glaucophyllum</i> , <i>Glyceria multiflora</i> , <i>Polygonum punctatum</i> , <i>Gratiola peruviana</i> , <i>Echinochloa helodes</i> y el helecho <i>Marsilea concinna</i> .

--	--	--

### Pastizal natural: su funcionamiento

La productividad primaria neta aérea (PPNA) es la variable utilizada para caracterizar el funcionamiento de los recursos forrajeros y representa la tasa de producción de nueva biomasa vegetal aérea por unidad de área y de tiempo (McNaughton et al, 1989; Oosterheld et al, 1992). En el caso particular de ecosistemas pastoriles, y desde una perspectiva aplicada, resulta de vital interés conocer la PPNA ya que determina la generación de forraje disponible para el ganado y por ende representa el principal control de la carga ganadera (Oosterheld et al, 1992, 1999). Esta es una de las variables más importantes para definir la receptividad ganadera de los sistemas, definida como “la densidad máxima de animales que puede mantenerse en un área determinada, en un cierto nivel de producción, sin deteriorar el recurso” (Golluscio, 2009).

Existen diferentes metodologías aplicadas para estimar la PPNA. A continuación, se describen de manera resumida algunas de ellas:

- Método por corte de biomasa: es considerado un método tradicional o directo de estimar la PPNA. Esta se obtiene como la división de la biomasa (verde, material muerto y broza) acumulada por el tiempo transcurrido entre cortes (Sala & Austin, 2000).
- Métodos empíricos: considerados como métodos indirectos. Existen numerosos trabajos que han correlacionado diferentes variables para estimar la PPNA. Un ejemplo de ello, a partir de las propiedades edáficas del horizonte A (Vázquez et al., 2001), a partir de variables ambientales (Deregibus, 1988), a partir del uso de sensores remotos (Piñeiro et al, 2006; Grigera et al., 2007; Grigera et al, 2007; Paruelo et al, 2011; Oyarzabal & Oosterheld, 2011), entre otros.

Debido a las grandes variaciones estacionales que muestra la PPNA, los métodos tradicionales presentan ciertas desventajas para su correcta estimación (Sala et al, 1988; Scurlock et al, 2002). Por un lado, son costosos en tiempo y esfuerzo; además, sus resultados responden a situaciones particulares del sitio en estudio, lo que dificulta las extrapolaciones a nivel regional (Chuvienco, 2002). En este sentido, los modelos empíricos (principalmente aquellos basados en datos aportados por sensores remotos) toman importancia, ya que resuelven con gran precisión muchos de estos inconvenientes (Piñeiro et al, 2006; Grigera et al, 2007). En las últimas décadas, la puesta en órbita de satélites ha permitido coleccionar datos sobre la superficie terrestre. Los sensores remotos presentan características que los hacen sumamente adecuados

para estimar la PPNA. Es un método poco costoso, además de que permite cubrir grandes extensiones y en períodos constantes de tiempo (Chuvieco, 2002).

En los Pastizales naturales, la estimación de la PPNA no es tarea sencilla, debido a su elevada variación tanto en el espacio como en el tiempo (Briggs & Knapp, 1995; Knapp & Smith, 2001; Knapp et al, 2007). En relación a la variación espacial, tanto a escala de paisaje como local, la PPNA ha sido relacionada con gradientes topográficos, edáficos y también con regímenes de perturbación, particularmente el pastoreo (Oosterheld et al, 1999; Altesor et al, 2005; Baeza et al, 2010; Lezama et al, 2014). A escala temporal, la variación interanual de la PPNA depende en gran medida de la dinámica de las precipitaciones, las cuales en este tipo de ecosistemas pueden ser elevada (Knapp & Smith, 2001; Oosterheld et al, 2001). En pastizales de clima templado como son los de la Pampa Deprimida, con marcada estacionalidad y diferencias fenológicas de las especies, las variaciones de productividad intra-anales adquiere importancia para el manejo de los sistemas (Sala & Austin, 2000).

Uno de los productos derivados de los sensores remotos son los índices espectrales, entre los cuales, uno de los más utilizados es el Índice de Vegetación Normalizada (IVN). El IVN es calculado a partir de la reflectancia en la porción del espectro electromagnético correspondiente al rojo e infrarrojo  $[(IR - R) / (IR + R)]$ . Este índice muestra una estrecha relación con la fracción de Radiación Fotosintéticamente Activa Absorbida (fRFAA) por la vegetación verde y por lo tanto con la PPNA (Tucker & Sellers, 1986; Prince, 1991; Paruelo et al., 2004; Piñeiro et al, 2006).

Monteith (1972) planteó un modelo empírico para estimar la PPNA. La misma está determinada por la cantidad de Radiación Fotosintéticamente Activa Absorbida (RFAA) por la vegetación y la eficiencia con que esa energía es transformada en materia seca aérea, constituyendo el índice conocido como Eficiencia del Uso de la Radiación (EUR) (Ecuación 1).

La Radiación Fotosintéticamente Activa Incidente (RFAi) es obtenida por datos provenientes de la estación meteorológica, la fracción absorbida de la radiación fotosintéticamente activa (fRFAA) se genera a partir del procesamiento de la información de IVN proveniente de los sensores remotos. El tercer factor de la ecuación, la EUR, puede ser estimada de dos formas: 1) a partir de índices espectrales (Índice de Reflectancia Fotoquímico (IRF), Garbulsky et al., (2008); 2) a partir de despejar este factor de la ecuación de Monteith (1972). En este último caso se requiere de estimaciones de PPNA independientes y de la radiación RFAA (Piñeiro et al, 2006; Oyarzabal et al, 2011; Baeza et al, 2011).

$PPNA \text{ (kgMS/ha*mes)} = RFAi \text{ (MJ/ha*mes)} * fRFAA * EUR \text{ (kgMS/MJ)}$ <b>Ecuación 1</b>
---



### **Importancia de las praderas de hidrófitas en los sistemas ganaderos:**

La funcionalidad de las praderas de hidrófitas muchas veces cumple un rol estratégico en la cadena de pastoreos de los sistemas de producción de invernada. El ganado bovino puede consumir durante el verano esta comunidad del pastizal natural mientras descansan las pasturas sembradas de ciclo otoño primaveral. Ello obedece a que ocupan porciones cóncavas del relieve, con buena humedad en épocas de altas temperaturas, y contienen especies que producen activamente en verano y con alto valor forrajero (Castaño, 2001). A su vez, contribuye en la oferta forrajera de los sistemas de cría y muchas veces se articulan en la cadena de pastoreo para reducir el efecto de la festucosis en dichos sistemas productivos (Fernández, F. Com. personal).

Un estudio realizado por investigadores de EEA Cuenca del Salado afirma que “en la primavera el bajo dulce fue más productivo que la media loma, mientras que en el resto de las estaciones del año no se encontraron diferencias entre las comunidades evaluadas” y que las observaciones registradas, según los técnicos, “son coincidentes con la bibliografía disponible que establece que, siempre que haya agua disponible, la pradera de hidrófita es la comunidad frecuentemente más productiva en la época primaveral” (Donzelli et al., 2013).

### **Descripción florística de la comunidad “F”:**

Las especies dominantes más comunes en esta comunidad vegetal son: *Ludwigia peploides*, *Alternanthera philoxeroides*, *Leersia hexandra*, *Echinochloa helodes*, tres especies de *Eleocharis*, *Mentha pulegium*, *Panicum goninii*, *Amphibromus seabrivalvis*, *Paspalidium paludivagum*, *Eringium ebraeteatum* y *Luziola peruviana*.

La mayor abundancia de la comunidad se ubica, generalmente, en los cursos de agua que suelen desecarse en verano. Estas se encuentran, mayoritariamente, en las nacientes de los arroyos de las unidades Llanura ondulada y Llanura plana, es decir, en las depresiones colectoras de las cabeceras de las mismas. También puede encontrárselas en las cubetas de forma generalmente circular que, con áreas que oscilan entre los 100 m<sup>2</sup> y 3 a 4 ha, son frecuentes en las zonas más elevadas de las unidades Llanura ondulada y Llanura plana (León et al., 1979).

### **Especie bajo estudio: *Paspalidium geminatum* (ex *Paspalidium paludivagum*):**

La especie *Paspalidium paludivagum* (Hitch & Chase) Henrard, comb. Superfl. pertenece a la Familia Poaceae, es conocida vulgarmente como “canutillo” y es una gramínea con metabolismo C4 nativa de Sudamérica. Es una hierba palustre perenne rastrera, de ciclo de crecimiento PVO, que forma matas compactas en los suelos, con

cañas huecas flotantes y ramificadas. Tolera pastoreos intensos y frecuentes, y en presencia de abundante agua y altas temperaturas rebrota rápidamente.

Algunas características morfológicas de interés son: sus hojas lineares con tonalidades grisáceas que poseen una lígula membranacea muy marcada, largas inflorescencias angostas que se disponen sobre un eje principal de 5 a 30 cm de largo, aplanadas, sin ramificar. El raquis es de alas estrechas, angular, terminado en una extensión estéril, presentando alternativamente racimos los cuales son aplanados unilaterales y portadores de espiguillas alternas en dos filas en un lado del raquis. Las espiguillas fértiles se presentan sésiles o pediceladas (1-2 en el racimo provistas de pedicelos oblongos), las flores masculinas son basales y estériles. En cuanto a la biología reproductiva es una especie que produce semillas, pero su forma de propagación más frecuente es a partir de fragmentos de tallos enterrados o estolones, constituyendo una eficaz herramienta de propagación agámica (Pensiero & Zabala, 2017).

### **Marco problema**

Conocer la estructura y el funcionamiento de las comunidades vegetales es uno de los puntos de partida para planificar la sustentabilidad de los sistemas ganaderos, sobre todo que, a partir de las últimas décadas, esta subregión de la provincia de Buenos Aires, por efecto de la expansión agrícola ha experimentado aumento de la carga animal por encima de su receptividad provocando el deterioro de la vegetación natural (Jacobo et al., 2006). En este sentido, es escasa la información disponible y generada en la estructura y funcionamiento en la comunidad "F", según la clasificación de León et al. (1979). A su vez, no hay trabajos que utilicen las dos metodologías de estimación de la PPNA en la comunidad F (cortes e imágenes), lo cual hace necesario realizar este tipo de estudios para generar nuevos conocimientos que permitan contribuir a mejorar su utilización de manera sustentable.

### **OBJETIVOS:**

- Caracterizar la estructura de la comunidad vegetal "F".
- Estimar la dinámica de crecimiento de la comunidad "F", referida a los grupos funcionales que la componen, y de *Paspalidium geminatum* en particular.
- Comparar metodologías de estimación de la PPNA (productividad primaria neta aérea).

### **MATERIALES Y MÉTODOS:**

Los relevamientos se llevaron a cabo en el establecimiento “Don Joaquín”, perteneciente a la Universidad Nacional de La Plata y situado sobre la ruta provincial 36 (km 83,5), en la localidad de Bartolomé Bavio, partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires. El mismo cuenta con una superficie total de 426 hectáreas sobre las que se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas.

El establecimiento Don Joaquín se ubica en una unidad de paisaje donde prevalecen suelos con problemas de sodicidad e hidromorfismo, destacándose un patrón complejo de distribución de ambientes, suelos y agua. Esta última asociada a superficies freáticas próximas que modifican su cercanía a la superficie por la forma y tipo de flujo de agua subterránea (Alconada Magliano, 2020).

El 21 de septiembre de 2019 se identificó la comunidad “F” y se generó un área clausurada al pastoreo de 10 metros (m) de ancho por 30 m de largo, en la cual se realizaron las diferentes mediciones que se mencionan a continuación:

Para el abordaje del primer objetivo específico planteado se realizaron:

-Censos florísticos: mediante la adaptación del método fitosociológico de Braun Blanquet (1950). Fueron realizados censos en verano 2019 y otoño 2020, en tres sitios (Sitio 1, 2, 3) delimitados en la clausura de una superficie de 8 m<sup>2</sup> donde se registró: especies vegetales, su cobertura específica, porcentaje de suelo desnudo y de broza.

Con los datos obtenidos, se calculó:

- 1) proporción relativa de cada grupo funcional (*Paspalidium paludivagum*, otras gramíneas, monocotiledóneas no gramíneas, leguminosas, dicotiledóneas no leguminosas, broza, suelo desnudo).
- 2) índice de Shanon-Weaver para evaluar la diversidad florística de cada estación mediante la siguiente fórmula:

$$H = \sum p_i \cdot \ln p_i$$

Donde H es diversidad y  $p_i$  es la proporción de cada una de las especies presentes en cada sitio censado (Shannon - Weaver, 1949).

3) riqueza florística: a partir de la suma de las especies presentes durante el periodo en estudio.

Para cumplir con el segundo objetivo específico se realizó la estimación de la dinámica de crecimiento con dos métodos diferentes, que se mencionan a continuación:

a) Estimación de la productividad primaria neta aérea (PPNA), mediante incrementos positivos de la biomasa verde.

Se realizaron 9 cortes de biomasa aérea por fecha de evaluación (verano 2019 y otoño 2020), al ras del suelo utilizando una tijera manual en un aro con una superficie de 0,1 m<sup>2</sup>. Los cortes fueron distribuidos al azar, contemplando que el sitio sea distinto

entre las fechas. La biomasa recolectada fue identificada con etiqueta informativa (nombre del campo, fecha de corte, comunidad F, número de muestra).

En gabinete se procedió a separar la biomasa generando los siguientes compartimentos: biomasa de gramíneas OIP, biomasa de *P. geminatum*, biomasa de otras gramíneas PVO, biomasa de monocotiledóneas no gramíneas, biomasa de leguminosas, biomasa de dicotiledóneas no leguminosas, material muerto y broza.

Realizado el procesamiento de las muestras se colocó en estufa a 60 °C hasta obtener el peso seco constante, para finalmente pesarlo en balanza analítica. Los valores obtenidos en g/m<sup>2</sup> se pasaron a kgMS/ha. Los datos generados se cargaron en planillas de Microsoft Excel 2013 y luego se procedió a la realización de la estimación de la PPNA según lo planteado en el Método N° 8 como la sumatoria de los incrementos de biomasa verde, a la cual se le sumaron los incrementos del material muerto en pie y los incrementos de broza, considerando que ambos ocurrieron al mismo tiempo. (Singh et al., 1975).

b) Estimación de la dinámica de crecimiento mediante el uso de imágenes satelitales según el modelo definido por Monteith (1972). Los valores de NDVI se obtendrán del satélite Sentinel-2 haciendo uso de la plataforma LandViewer. Luego fueron procesados para calcular el fPAR haciendo uso de la ecuación 2. Los valores de PAR serán obtenidos de estación meteorológica y la EUR se utilizó un valor de 0.6 según lo planteado por Cristiano et al., 2012.

Para cumplir con el tercer objetivo se realizó una comparación entre ambas estimaciones de la PPNA, tanto de los cortes de biomasa efectuados a campo, y la información aportada por las imágenes satelitales.

#### Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza para analizar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres sitios bajo estudio. Con la información de cobertura, suelo desnudo y broza se realizó un análisis de varianza haciendo uso del programa Infostat versión 2018. La productividad primaria neta aérea no fue sometida a análisis estadístico por no presentar repeticiones verdaderas

## RESULTADOS

### Estructura de la comunidad F

No se encontraron diferencias significativas dentro de los tres sitios delimitados dentro de la clausura, es por ellos que los análisis posteriores se realizan incluyendo los tres sitios.

La cobertura vegetal total (CVT) no presentó diferencias estadísticamente significativas entre el verano y otoño ( $p=0.5342$ ), como se observa en la Figura 1.

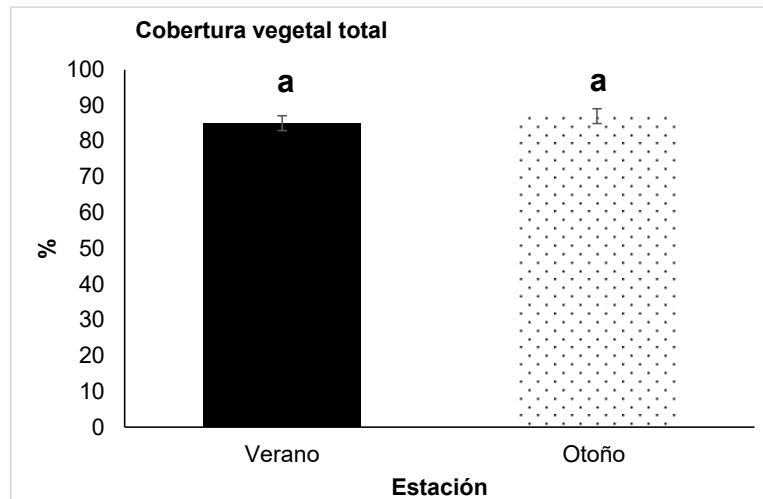


Figura 1: Cobertura vegetal total (CVT), expresado en porcentaje (%) en diferentes estaciones del año evaluadas, incluyendo los tres sitios.

Letras iguales señalan que no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones del año evaluadas ( $p>0.05$ ).

La evaluación de las coberturas específicas, como la de *Paspalidium paludivagum* ( $p=0.9477$ ), otras gramíneas ( $p=0.5328$ ), Monocotiledóneas no gramíneas ( $p=0.6353$ ) y Leguminosas ( $p=0.788$ ), no presentaron diferencias significativas entre estaciones (Figura 2).

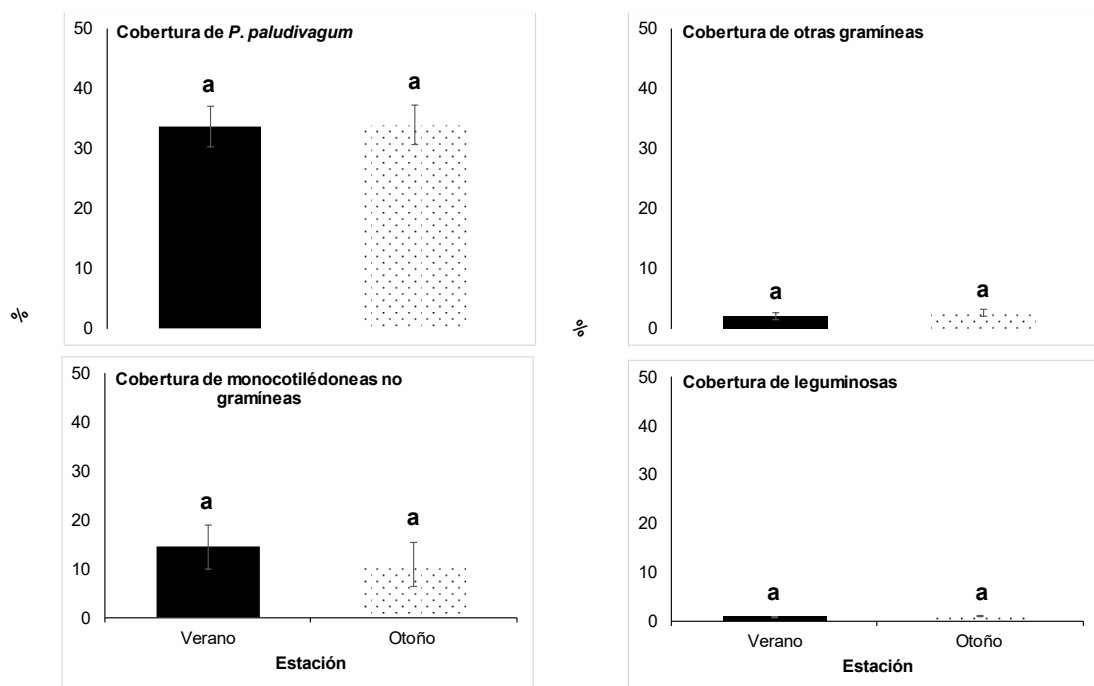


Figura 2: Cobertura estacional del grupo de especies específicas evaluadas, expresado en porcentaje (%) de *Paspalidium paludivagum*, otras gramíneas, Monocotiledóneas no gramíneas y Leguminosas, incluyendo los tres sitios.

Letras iguales señalan que no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones del año evaluadas.

La cobertura de dicotiledóneas no leguminosas no presentó diferencias significativas entre estaciones ( $p=0.3927$ ) como se puede observar en la Figura 3.

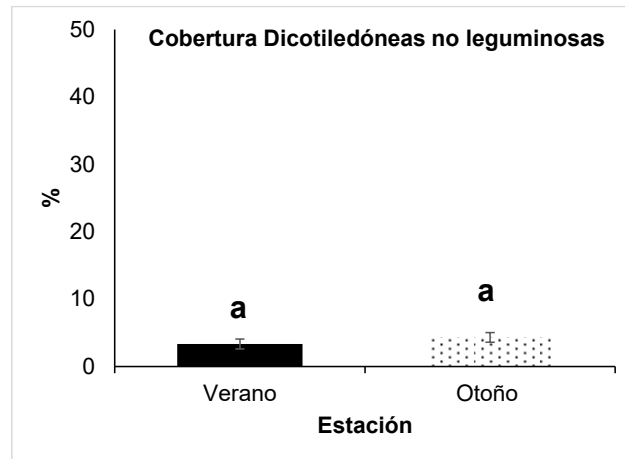


Figura 3: Cobertura estacional del grupo dicotiledóneas no leguminosas, incluyendo los tres sitios.

Letras iguales señalan que no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones del año evaluadas.

Las evaluaciones referidas a suelo desnudo ( $p=0,5302$ ) y broza ( $p=0,1216$ ) presentaron variaciones estacionales, sin diferencias estadísticamente significativas, con registros mayores de suelo desnudo en la estación otoñal en contraposición a la estación estival. Por su parte, los valores obtenidos de broza arrojaron valores superiores en la estación estival, como se puede observar en la Figura 4.

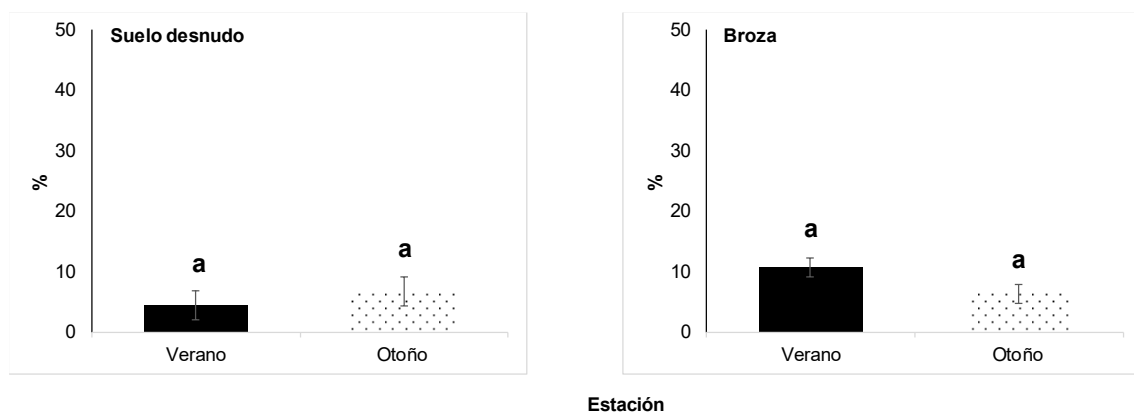


Figura 4: Cobertura de suelo desnudo y broza expresado en porcentaje (%) para las diferentes estaciones del año, incluyendo los tres sitios.

Letras iguales señalan que no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones del año evaluadas.

El número de especies relevadas en las estaciones del año evaluadas, determinaron un mayor registro en la estación estival en relación al otoño ( $p=0,1243$ ) sin diferencias estadísticamente significativas, como se puede observar en la Figura 5.

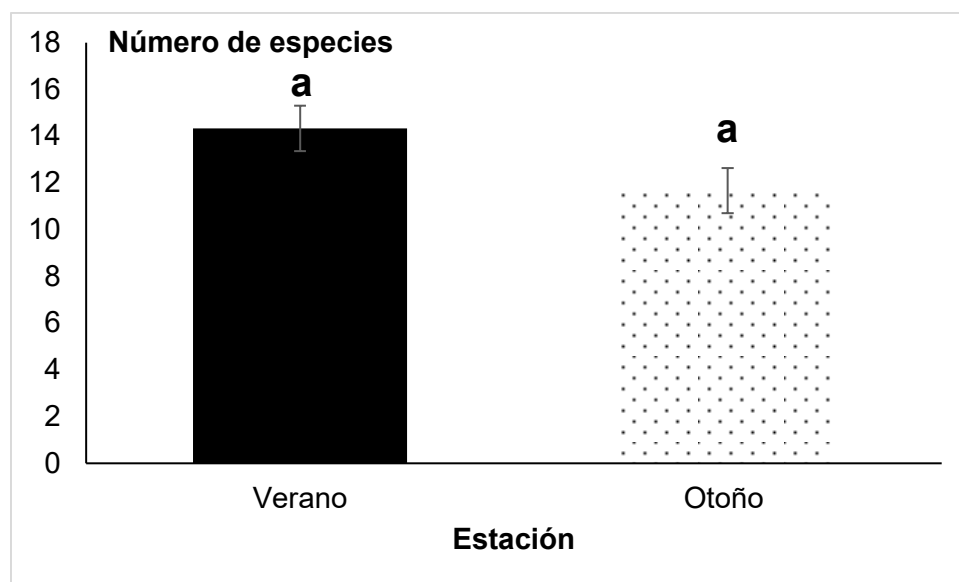


Figura 5: Número de especies relevadas para las diferentes estaciones del año evaluadas.

Letras iguales señalan que no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones del año evaluadas, incluyendo los tres sitios.

La evaluación de la diversidad florística estacional estimada mediante el índice de H de Shannon – Weaver, señala valores superiores para la estación estival respecto a la otoñal, sin diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,4869$ ), como se observa en la Figura 6 y en la Tabla 1.

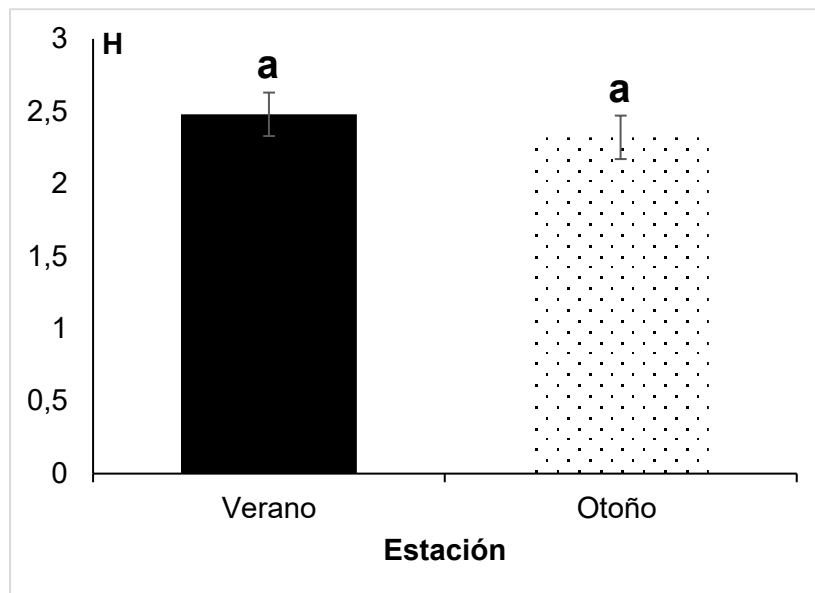


Figura 6: Diversidad florística estacional estimada mediante el Índice de Shanon Weaver (H). Letras iguales señalan que no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones del año evaluadas.

Tabla 1: Número de especies evaluadas por sector en los censos de verano y otoño.

<b>Tabla de riqueza</b>	<b>Censo verano (6/2/2020)</b>			<b>Censo otoño (10/4/2020)</b>		
<b>LISTADO DE ESPECIES</b>	<b>Sitio 1</b>	<b>Sitio 2</b>	<b>Sitio 3</b>	<b>Sitio 1</b>	<b>Sitio 2</b>	<b>Sitio 3</b>
<i>Xanthium cavanillesii</i>	V	V	V	O	O	O
<i>Ambrosia tenuifolia</i>					O	
<i>Aster esquimatus</i>	V		V	O	O	O
<i>Eleocharis sp *</i>	V	V	V	O	O	O
<i>Eleocharis sp *</i>				O		
<i>Eringium ebracteatum</i>	V	V	V			
<i>Festuca arundinacea</i>	V	V	V	O	O	O
<i>Cynodon dactylon</i>	V	V	V		O	O
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	V	V	V	O	O	O
<i>Juncus sp*</i>	V			O		
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	V	V				
<i>Latifoliada 1 **</i>	V	V				O
<i>Latifoliada flor amarilla **</i>					O	
<i>Leersia hexandra</i>	V	V	V			
<i>Lotus tenuis</i>	V		V	O	O	O
<i>Menta pulegium</i>	V					
<i>Monocotiledónea **</i>					O	O
<i>Paspalidium paludivagum</i>	V	V	V	O	O	O
<i>Paspalum vaginatum</i>	V	V	V	O	O	O
<i>Paspalum dilatatum</i>	V					
<i>Latifoliada 3 **</i>						O
<i>Phyla canescens</i>	V	V	V			
<i>Setaria verticillata</i>	V	V	V	O		
<i>Sphillante stolonifera</i>	V					
<b>RIQUEZA POR SECTOR</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>RIQUEZA POR CENSO</b>	<b>45</b>			<b>35</b>		

\*Se pudo identificar el género, pero no la especie.

\*\* Se pudo identificar el grupo funcional pero no el género y la especie.



## Estimación de la productividad primaria neta aérea (PPNA) por diferentes métodos:

Se realizó la estimación de la PPNA por el método de cortes (Tabla 2) y por sensores remotos (Tabla 3 y 4), para realizar una comparación detallada de su composición a través de las estaciones del año (Tabla 5).

La PPNA estimada mediante el método de corte fue de 4316 kgMS/ha y mediante uso de imágenes satelitales de 2241 kg MS/ha durante el período de evaluación

Tabla 2: Estimación de productividad primaria neta aérea a través del método de cortes.

PPNA general del bajo dulce	21/11/2019	9/1/2020	6/2/2020	10/3/2020	10/4/2020
<b>Mat. Verde</b>	3342	3750	4249	7858	6293
<b>Mat. Muerto</b>	0	0	0	0	631,11111
<b>Broza</b>	200	500	700	0	200
<b>Biomasa total</b>	3542	4250	4949	7858	7124
<b>TC</b>	14,4		88,1		
		25,0			
<b>PPNA</b>		708	699	2909	

Tabla 3: Estimación de tasa de crecimiento a través del uso de imágenes satelitales.

Mes	NDVI	fPAR	PAR	APAR	TC
<b>Diciembre</b>	0,6437	0,3041954	9,6	2,9202754	18
<b>Enero</b>	0,6864	0,3800944	9,38	3,5652859	21
<b>Febrero</b>	0,69	0,3874491	8,04	3,1150911	19
<b>Marzo</b>	0,67	0,3486203	6,11	2,1300698	13
<b>Abril</b>	0,53	0,1693465	4,54	0,7688331	5

Tabla 4: Estimación de PPNA en las diferentes épocas del año a través de imágenes satelitales.

PPNA imagen	PPNA
Del 21/11 al 8/1	888
del 9/1 al 5/2	494
del 6/2 al 9/3	554
del 10/3 al 10/4	305
PPNA a lo largo del periodo	2241

Tabla 5: Comparación de las estimaciones obtenidas de la productividad primaria neta aérea haciendo uso de las dos metodologías de estimación utilizadas

PPNA del periodo analizado	21/11/2019	9/1/2020	6/2/2020	10/3/2020	10/4/2020	Total
Método directo (cortes)	708		2909			4316
		699		0		
Método indirecto (sensores remotos)	888		554			2241
		494		305		

## CONSIDERACIONES FINALES:

La realización de esta Tesis de Trabajo Final de carrera, modalidad Intervención Profesional, pretendió brindar aportes preliminares de la comunidad F, principalmente en lo referido a su estructura y funcionamiento. La finalidad es que dicha información contribuya al manejo y sustentabilidad de la comunidad, dada la escasa información relacionada a la temática. En este estudio fueron obtenidos valores del índice de diversidad (H) similares a los obtenidos por Jacobo, (2006), quien comparó H de la comunidad bajo dos métodos de pastoreo. Fernández, 2020, informó valores mayores, en verano, respecto a los relevados en este trabajo. Estos menores registros pueden deberse, posiblemente, a que el estudio se realizó en una pradera de hidrófitas en estado de sucesión secundaria. Por esta razón, el aporte novedoso de este trabajo está referido a valores de coberturas y diversidad, que brindan información de utilidad tanto para el análisis del establecimiento productivo bajo estudio, como también realiza un aporte para la comunidad académica.

Para evaluar el funcionamiento de la comunidad F, fue realizada la estimación con dos metodologías distintas, siendo los registros de la PPNA obtenidos con el método de corte aproximadamente el doble respecto a la registrada con los sensores remotos. Estos resultados dispares nos señalan la necesidad de la realización de futuros relevamientos, para la obtención de registros de PPNA mediante ambos métodos, para poder realizar el ajuste necesario de la información obtenida.

El relevamiento efectuado en este trabajo brinda información relevante para efectuar el manejo de la carga animal de manera diferencial, a lo largo del año, permitiendo la realización de un manejo sustentable. Esto resulta de vital importancia, ya que atendería la disponibilidad del recurso forrajero haciendo un uso racional del mismo, sin ocasionar el deterioro por sobrepastoreo. Este conocimiento se torna relevante, ya que las zonas de pastizales están cambiando el uso de la tierra o se están degradando (FAO 2009), y los pastizales de la Pampa y del Cono Sur no escapan a esta realidad y son los de mayor vulnerabilidad del mundo a los cambios mencionados (Latterra & Rivas, 2005).

## BIBLIOGRAFIA:

**Alconada Magliano, Margarita.** 2020a. Interpretación de perfiles edáficos como parte de un paisaje a fin de definir manejos sustentables. Aula Virtual Edafología, FCAYF. UNLP. Recuperado de: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35474/mod\\_resource/content/1/GUIA%20DE%20INTERPRETACION%20DE%20PERFILES.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35474/mod_resource/content/1/GUIA%20DE%20INTERPRETACION%20DE%20PERFILES.pdf).

- Altesor, A., Oesterheld, M., Leoni, E., Lezama, F. & Rodriguez, C.** 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology* 179: 83-91
- Baeza, S., Lezama, F., Piñeiro, G., Altesor, A. & Paruelo, J.** 2010. Spatial variability of aboveground net primary production in Uruguayan grasslands: a remote sensing approach. *Applied Vegetation Science* 13:72-85.
- Baeza, S., Paruelo, J. & Ayala, W.** 2011. Eficiencia en el uso de la radiación y productividad primaria en recursos forrajeros del este de Uruguay. *Agrociencia*, 15, 48-59.
- Braun-Blanquet, J.** 1950. *Sociología Vegetal*. Acmé Agency, Buenos Aires. 444 pp.
- Briggs, J. & Knapp, A.** 1995. Interannual variability in primary production in tallgrass prairie: climate, soil moisture, topographic position and fire as determinants of aboveground biomass. *American Journal of Botany* 82:1024-1030.
- Burkart, S.; Garbulsky, M.; Ghera, C.; Guerschman, J.; León, R.; Oesterheld, M. & Perelman, S.** 2005. Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. pp. 379- 400. En: *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León*. Ed. Facultad Agronomía. Buenos Aires.
- Castaño, J.** 2001. Pasturas y mezclas más adecuadas para la cuenca del salado. Grupo Pasturas. Área de Producción Animal. EEA INTA Balcarce. [http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20artificiales/43-pasturas\\_cuenca\\_del\\_salado.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/43-pasturas_cuenca_del_salado.pdf)
- Cauhépè, M. & Hidalgo, L.** 2005. La Pampa Inundable: el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. pp. 404-412. Libro: *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León*. Ed. M. Oesterheld, M. Aguiar, C. Ghera, J. Paruelo (Compiladores). Ed. Facultad de Agronomía, UBA. ISBN 950-29-0902X.
- Chuvieco, E.** 2002. *Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Cristiano, P. M.; Oyarzabal, M.; Posse, G.; Oesterheld, M.** 2012. Variación espacial y temporal de la eficiencia en el uso de la radiación de recursos forrajeros. Trabajo presentado en Reunión Argentina de Ecología, Luján, Buenos Aires.
- Deregibus, V.A.** 1988. *Rev. Argentina Producción Animal* 8 (1):67-78.
- Deregibus, V.; Jacobo, J. & Rodríguez, A.** 1995. Improvement in rangeland condition of the Flooding Pampa of Argentina through controlled grazing. *African Journal of Range and Forage Science* 12:92-96.
- Donzelli, V.; Ressa, M.; Jankovic, V.; Borrajo, C. & Caldentey, F.** 2013. "El bajo dulce más productivo que la media loma en primavera". EEA Cuenca del salado. AER Azul. <https://mitreyelcampo.cienradios.com/el-bajo-dulce-mas-productivo-que-la-media-loma-en-primavera/>
- FAO.** 2009. El ganado y el medio ambiente. pp. 59-84 en: *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Parte I. La ganadería, a examen*. Publicación anual de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2009. Departamento Económico y Social. <http://www.fao.org/3/i0680s/i0680s.pdf>. Último acceso 1 de octubre de 2019.
- Fernández, F.** 2020. Estrategias de recuperación para Praderas de hidrófitas en la Depresión del Salado. Trabajo final para optar al título de Especialista en Manejo de Sistemas Pastoriles. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires (UBA). 49 pag.
- Garbulsky, M. F., Peñuelas, J., Ourcival, J. M. & Filella, I.** 2008. Estimación de la eficiencia del uso de la radiación en bosques mediterráneos a partir de datos MODIS: Uso del índice de reflectancia fotoquímica (PRI). *Ecosistemas*, 17, 89-97.
- Grigera, G., Oesterheld, M., Durante, M. & Pacín, F.** 2007. Evaluación y seguimiento de la productividad forrajera. *Revista Argentina de Producción Animal*, 27, 137-148.

- Grigera, G., Oesterheld, M. & Pacín, F.** 2007. Monitoring forage production with MODIS data for farmers' decision making. *Agricultural Systems*, 94, 637-648.
- Golluscio, R.** 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. *Ecología austral*. 19. 215-232.
- Jacobo E.J.; Rodríguez A.M.; Bartoloni, N. & Deregibus, V.A.** 2006. Rotacional grazing effects on rangeland vegetation at a faro scale. *Rangeland Ecology and Management* 59: 249-257.
- Knapp, A. & Smith, M.** 2001. Variation among biomes in temporal dynamics of aboveground primary production. *Science* 291: 481- 484
- Knaap, A., Briggs, J., Childers, D. & Sala, O.** 2007. Estimating aboveground net primary production in grassland and herbaceous-dominated ecosystems. In: Fahey, T. y Knapp, A. (eds.). *Principles and Standards for Measuring Primary Production*. LTER series. Oxford University Press. pp. 27 – 48.
- Laterra P. y Rivas M.** 2005. Bases y herramientas para la conservación in situ y el manejo integrado de los recursos naturales en los campos y pampas del Cono Sur. *Agrociencia*, 9: 169-178.
- León, R.; Burkart, S. & Movia, C.** 1979. Relevamiento fitosociológico del pastizal del norte de la depresión del Salado: La vegetación de la República Argentina. Serie fitogeográfica n°17. Buenos Aires. INTA, Pp. 90.
- Lezama, F., Baeza, S., Altesor, A., Cesa, A., Chaneton, E. & Paruelo, J.** 2014. Variation of grazing-induced vegetation changes across a large-scale productivity gradient. *Journal of Vegetation Science* 25: 8-21.
- McNaughton, S.J., Oesterheld, M., Frank, D.A. & Williams, K.J.** 1989. Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature* 341:142-144.
- Monteith, J. L.** 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 9, 747-766.
- Némoz J.; Giancola, S.; Bruno, M.; de la Vega, M.; Calvo, S.; Di Giano, S. & Rabaglio, M.** 2013. Causas que afectan la adopción de tecnología en la ganadería bovina para carne de la Cuenca del Salado: enfoque cualitativo. *Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología N°5*. Buenos Aires: INTA.
- Oesterheld, M., Sala, O.E. & McNaughton, S.J.** 1992. Effect of animal husbandry on herbivore-carrying capacity at a regional scale. *Nature* 356:234-236.
- Oesterheld, M., Loreti, J., Semmartin, M. & Paruelo, J.** 1999. Grazing, fire, and climate effects on primary productivity of grasslands and savannas. In: Walker, L. (ed.) *Ecosystems of disturbed ground*. Elsevier, Amsterdam. pp. 287-306.
- Oesterheld, M., Loreti, J., Semmartin, M., & Sala, O.E.** 2001. Inter-annual variation in primary production of a semi-arid grassland related to previous-year production. *Journal of Vegetation Science* 12: 137-142.
- Oyarzabal, M., Oesterheld, M. & Grigera, G.** 2011. ¿Cómo estimar la eficiencia en el uso de la radiación mediante sensores remotos y cosechas de biomasa? Un ejemplo local. En A. Altesor, W. Ayala y J. M. Paruelo (Eds.). *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales* (pp. 121-135). Montevideo: INIA. (Serie FPTA, 26).
- Paruelo, J. M., Garbulsky, M. F., Guerschman, J. P. & Jobbágy, E. G.** 2004. Two decades of normalized difference vegetation index changes in South America: identifying the imprint of global change. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 2793-2806.
- Paruelo, J. M., Oyarzabal, M. & Oesterheld, M.** 2011. El seguimiento de los recursos forrajeros mediante sensores remotos : bases y aplicaciones. En A. Altesor, W. Ayala y J. M. Paruelo (Eds.). *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales* (pp. 135-145). Montevideo: INIA. (Serie FPTA, 26).
- Piñeiro, G., Oesterheld, M. & Paruelo, J. M.** 2006. Seasonal variation in aboveground production and radiation use efficiency of temperate rangelands estimated through remote sensing. *Ecosystems*, 9, 357-373
- Pensiero, J. & Zabala, J.** 2017. Recursos fitogenéticos forrajeros nativos y naturalizados para los bajos submeridionales: prospección y priorización de especies

para planes de introducción a cultivo Revista FAVE - Ciencias Agrarias  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/68126>

**Perelman S.B., León, R. & Oesterheld, M.** 2001. Cross-Scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *J. Ecology* 89:562-577.

**Prince, S. D.** 1991. Satellite remote sensing of primary production: comparison of results for Sahelian grasslands 1981-1988. *International Journal of Remote Sensing*, 12, 1301-1311.

**Rearte, D.H.** 2007. La producción de carne de Argentina. INTA, Bs As. Disponible en: [http://anterior.inta.gob.ar/balcarce/carnes/prodcarnearg\\_esp.pdf](http://anterior.inta.gob.ar/balcarce/carnes/prodcarnearg_esp.pdf).

**Sala, O. E., Biondini, M. E. & Lauenroth, W. K.** 1988. Bias in estimates of primary production: An analytical solution. *Ecological Modelling*, 44, 43-55

**Sala, O. y Austin, A.** 2000. Methods of estimating aboveground net primary productivity. In: Sala, O., Jackson, R., Mooney, H. y Howarth, R. (eds.) *Methods in Ecosystem Science*. Springer. New York. pp. 31 – 43.

**Scurlock, J. M., Johnson, K. & Olson, R. J.** 2002. Estimating net primary productivity from grassland biomass dynamics measurements. *Global Change Biology*, 8, 736-753.

**Shannon, C. y Weaver, W.** 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.

**Singh, J., Lauenroth, W. & Steinhorst, R.** 1975. Review and assessment of various techniques for estimating net primary production in grasslands from harvest data. *The Botanical Review* 41:181-232.

**Tucker, C. J. & Sellers, P. J.** 1986. Satellite remote-sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1395–1416.

**Vazquez, J.L., Costa, G., Monterrubianesi, P. & Godz, P.** 2001. Predicción de la productividad primaria de pastizales naturales de la Pampa deprimida utilizando propiedades del horizonte A.